

---

## ANALISIS PENGARUH SHEAR WALL TERHADAP SIMPANGAN STRUKTUR GEDUNG AKIBAT GEMPA DINAMIS

Basit Al Hanif

Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jakarta

email : albasit08@gmail.com

Haryo Koco Buwono

Dosen Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jakarta

email: haryo.hkb@ftumj.ac.id

**ABSTRAK :** Suatu bangunan tinggi sangatlah rentan terhadap gaya lateral. Gaya lateral yang terjadi pada bangunan, salah satunya adalah beban yang ditimbulkan akibat gempa. Beban gempa dihitung menggunakan perhitungan gempa statis atau gempa dinamis. Untuk kategori struktur tidak beraturan, gempa harus ditinjau menggunakan gempa dinamis.

Dalam merencanakan suatu gedung yang sama fungsi dan lokasi, namun tidak menggunakan dan menggunakan shear wall, secara sistem gedung tersebut sudah berbeda. Dan gedung harus direncanakan dengan faktor reduksi gempa yang berbeda. Dan gerak ragam pertama haruslah dominan translasi.

Salah satu struktur yang digunakan untuk menahan gaya lateral akibat gempa adalah struktur shear wall. Dengan adanya shear wall akan mempengaruhi kekakuan bangunan, sehingga gaya lateral tidak sepenuhnya dipikul oleh struktur rangka.

Dengan adanya shear wall, gedung memiliki kekakuan yang lebih dibanding gedung yang tidak direncanakan menggunakan shear wall. Kekakuan lebih yang dimiliki gedung berdampak pada simpangan struktur. Simpangan layan dapat tereduksi, arah X 41,52% dan arah Y berkurang 10,36%. Untuk simpangan ultimit, simpangan arah X tereduksi sebesar 30,89%, sedangkan untuk arah Y bertambah 5,94%.

**Kata kunci :** Shear wall, kinerja layan, kinerja ultimit

**ABSTRACT:** A high building is very vulnerable to Lateral force. Lateral force that occur in building, one of them is a load that cause by earthquake. Earthquake load counted by Static Earthquake equation or Dynamic Earthquake. For Irregular Structure Catagories, must be reviewed using Dynamic Earthquake.

In planning a building that have same function and location, but do not use and use a shear wall, that building already had a differences systematically. And the building must be planned with a different Earthquake Reduction Factor. And the First Range movement, the translation must be dominant.

One of the structure that used to restrains the Lateral Force because of the earthquake are shear wall structure. With the existence of the Shear Wall will affecting stiffness of the building,so therefore the Lateral Force did not fully detained by the frame structure

With the existence of the shear wall, the building more rigid compare to the building did not have a shear wall. A building that more stiffness will impact to structure deflection. Layan deflection can be reduced, 41,52% X-direction and 10.36% less for Y-direction. For the Ultimate deflection, reduce by 30.89 % for X-direction, while in Y-direction rise by 5.94 %

**Key Word:** Shear Wall, Layan Performance, Ultimate Performance

## PENDAHULUAN

Dengan melonjaknya penduduk yang tinggal di Jakarta, dan juga dengan lahan kosong yang tersedia. Hal inilah yang menjadi penyebab banyak dibangunnya gedung yang mengarah keatas dibandingkan yang membangun kearah samping. Gedung-gedung tinggi ini bertujuan untuk mencukupi kebutuhan penggunaannya dalam kebutuhan pendukug berbagai aktifitas kegiatan seperti sekolah, rumah sakit dan perkantoran.

Pada perencanaan suatu struktur gedung tinggi, gaya-gaya lateral sangat penting untuk diperhitungkan dalam perencanaan. Hal ini bertujuan agar bangunan tersebut dapat menahan gaya lateral yang bekerja pada gedung tersebut baik gaya akibat angin, maupun gaya gempa.

Saat ini banyak gedung tinggi yang menggunakan *shear wall* sebagai struktur penahan gaya-gaya lateral tersebut.

*Shear wall* adalah struktur berupa dinding vertikal yang berfungsi menahan pengaruh-pengaruh gaya lateral dan gaya gravitasi serta memberikan stabilitas lateral kepada bangunan. *Shear wall* berperan sebagai bagian struktur pada bangunan yang dapat melaksanakan fungsinya dengan baik. Dinding memiliki kekakuan yang sangat besar di dalam bidangnya dan dalam arah tegak lurus bidang dindingnya. Karena kekakuan *shear wall* lebih besar di banding elemen-elemen struktur lainnya maka otomatis beban-beban lateral dan gravitasi yang terjadi akan lebih banyak diserap oleh *shear wall* sehingga dimensi daripada elemen-elemen struktur lain dapat diperkecil.

Pada sebuah pembangunan gedung delapan lantai yang diperuntukan untuk sebuah

sekolah yang terletak di Pantai Indah Kapuk Jakarta-Utara, struktur atas yang digunakan hanya sebatas kolom dan balok saja, tanpa adanya struktur pengaku seperti *shear wall*.

## MAKSUD DAN TUJUAN

Maksud dan tujuan dilakukannya studi kasus ini adalah :

1. Agar mendapatkan letak ideal penempatan *shear wall* pada gedung sekolah delapan lantai tersebut.
2. Agar dapat mengetahui keefektifan *shear wall* dalam menahan gaya *lateral* yang terjadi pada gedung sekolah delapan lantai tersebut.
3. Dapat menjadi pertimbangan untuk penggunaan *shear wall* pada gedung bertingkat.

## LANDASAN TEORI

Bangunan tinggi dibuat biasanya sebagai untuk kebutuhan hunian ataupun ekonomi. Dalam perhitungan struktur bangunan tinggi tidak sama seperti menghitung bangunan yang tidak tinggi. Hal penting pada struktur bangunan tinggi adalah stabilitas dan kemampuannya untuk menahan gaya lateral, baik yang disebabkan oleh angin atau gempa bumi (Juwana,2005). Beban angin lebih terkait pada dimensi ketinggian bangunan, sedangkan beban gempa lebih terkait pada masa bangunan. Kolom pada bangunan tinggi perlu diperkokoh dengan sistem pangaku untuk dapat menahan gaya lateral, agar deformasi yang terjadi akibat gaya horizontal tidak melampaui ketentuan yang disyaratkan. Pengaku gaya lateral yang lazim digunakan adalah portal penahan momen,

dinding geser atau rangka pengaku. Perencanaan struktur ini menggunakan pengaku gaya lateral berupa dinding geser (shear wall).

## Pembebanan

Perencanaan pembebanan dalam perhitungan suatu gedung digunakan perencanaan beban mati (dead load) dan beban hidup (live load). Berikut definisi beban menurut Pedoman perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung (SKBI – 1.353.1987). sedangkan untuk beban lateral, digunakan beban akibat gempa.

### 1. Beban Mati

Beban mati ialah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan , penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian tak terpisahkan dari gedung itu.

### 2. Beban Hidup

Beban hidup ialah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan kedalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut. Khusus pada atap ke dalam beban hidup dapat termasuk beban yang berasal dari air hujan, baik akibat

genangan maupun akibat tekanan air jatuh (energi kinetik) butiran air. Ke dalam beban hidup tidak termasuk beban angin, beban gempa dan beban khusus.

### 3. Beban Gempa

Berdasarkan SNI-03-1726-2002, pengaruh gempa rencana harus ditinjau dalam perencanaan struktur gedung serta sebagai bagian dari peralatan secara umum. Akibat pengaruh gempa rencana, struktur gedung secara keseluruhan harus masih berdiri, walaupun sudah berada dalam ambang keruntuhan. Gempa rencana ditetapkan mempunyai periode ulang 500 tahun, agar probabilitas terjadinya terbatas pada 10% selama umur gedung 50 tahun. Besarnya beban gempa horizontal (V) diperoleh dari persamaan :

$$V = \frac{C_1 \cdot I}{R} W_t$$

Dimana :

$C_1$  = Faktor respon gempa

$I$  = Faktor keutamaan

$W_t$  = Berat total gedung ( DL + LL )

$R$  = Faktor reduksi gempa representatif

Dan beban geser dasar nominal V, menurut tinggi struktur gedung dapat dihitung dari persamaan :

$$F_i = \frac{W_i z_i}{\sum_{i=1}^n W_i z_i} V$$

Dimana :

$W_i$  = Berat lantai ke -  $i$  ( termasuk beban hidup )

$Z_i$  = Ketinggian lantai ke -  $i$

$n$  = Nomor lantai tingkat paling atas

$V$  = Beban geser dasar nominal ekuivalen

## Kinerja Struktur Gedung

### 1. Kinerja Batas Layan

Berdasarkan SNI 1726-2002, kinerja batas layan struktur gedung ditentukan oleh simpangan antar tingkat akibat pengaruh gempa rencana, yaitu untuk membatasi terjadinya peleslehan baja dan peretakan beton yang berlebihan, disamping untuk mencegah kerusakan non struktur dan ketidak nyamanan penghuni. Simpangan antar tingkat ini harus dihitung dari simpangan struktur gedung tersebut akibat pengaruh gempa nominal yang telah dibagi faktor skala.

Untuk memenuhi kinerja batas layan struktur gedung, dalam segala hal simpangan antar tingkat yang dihitung dari simpangan struktur gedung menurut SNI 1726-2002 pasal 8.1.1 yang tidak boleh melampaui  $\frac{0,02}{R}$  kali tinggi tingkat yang bersangkutan atau 30 mm, bergantung yang mana yang nilainya terkecil.

### 2. Kinerja Batas Ultimit

Berdasarkan SNI 1726-2002, kinerja batas ultimit struktur gedung ditentukan oleh simpangan dan simpangan antar-tingkat maksimum struktur gedung

akibat pengaruh Gempa Rencana dalam kondisi struktur gedung di ambang keruntuhan, yaitu untuk membatasi kemungkinan terjadinya keruntuhan struktur gedung yang dapat menimbulkan korban jiwa manusia dan untuk mencegah benturan berbahaya antar-gedung atau antar bagian struktur gedung yang dipisah dengan sela pemisah (sela delatasi). Simpangan antar tingkat harus dihitung daari simpangan struktur akibat pembebanan gempa nominal, dikalikan faktor pengali  $\xi$  sebagai berikut:

Untuk struktur gedung beraturan :

$$\xi = 0,7 R$$

untuk struktur gedung tidak beraturan :

$$\xi = \frac{0,7R}{FaktorSkala}$$

Dimana  $R$  adalah faktor reduksi gempa struktur gedung tersebut dan faktor skala adalah  $\frac{0,8 V_1}{V_1} \geq 1$ .

Untuk memenuhi kinerja batas ultimit, struktur gedung, dalam segala hal simpangan antar tingkat yang dihitung dari simpanga struktur gedung tidak boleh melampaui 0,02 kali tinggi tingkat yang bersangkutan.

## Dinding Geser

Dinding geser adalah adalah komponen struktur yang meningkatkan kekakuan struktur menahan gaya lateral (Analisis dan

Desain Struktur Beton Bertulang – Amrinsyah Nasution).

Bangunan tinggi tahan gempa umumnya menggunakan elemen-elemen struktur kaku berupa dinding geser untuk menahan kombinasi gaya geser, momen, dan gaya aksial yang timbul akibat beban gempa. Dengan adanya dinding geser yang kaku pada bangunan, sebagian besar beban gempa akan terserap dinding tersebut. (perencanaan Struktur gedung Beton Bertulang Tahan Gempa - Iswandi Imran & Fajar Hendrik)

### Interaksi Dinding Geser Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen

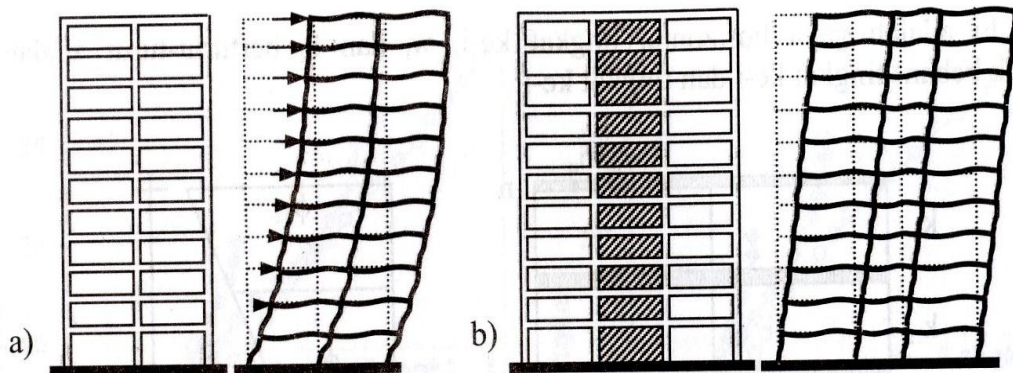
Berdasarkan SNI 1726-2002, dalam suatu sistem struktur yang terdiri dari kombinasi dinding geser dan rangka terbuka, beban geser dasar nominal akibat pengaruh gempa rencana yang dipikul oleh rangka-rangka terbuka tidak boleh kurang dari 25% dari beban geser nominal total yang bekerja dalam arah kerja beban gempa tersebut.

Dinding geser selalu dihubungkan dengan sistem rangka pemikul momen (SRPM) pada gedung. Dinding struktural yang umum

digunakan pada gedung tinggi adalah dinding geser kantilever. Menurut SNI-1726-2002 pasal 3.1.4.1, dinding geser beton bertulang kantilever adalah suatu subsistem struktur gedung yang fungsi utamanya adalah untuk memikul beban geser akibat pengaruh gempa rencana, yang runtuhnya disebabkan oleh momen lentur (bukan oleh gaya geser) dengan terjadinya sendi plastis pada kakinya, dimana nilai momen lelehnya dapat mengalami peningkatan akibat pengerasan regangan. Rasio antara tinggi dan lebar dinding geser tidak boleh  $\leq 2$  dan lebar tersebut tidak boleh kurang dari 1,5 m.

Jika rangka bangunan direncanakan untuk menahan keseluruhan beban lateral yang terjadi pada suatu bangunan, momen akan meningkat pada kolom dan balok untuk menahan gaya lateral disetiap lantainya.

Jika dinding geser dimaksudkan untuk menahan keseluruhan beban lateral yang terjadi pada suatu bangunan, besar beban yang diterima oleh dinding akan berbeda pada setiap lantainya, semakin tinggi dinding geser, semakin besar defleksi yang terjadi.



Gambar Defleksi portal (a) dan portal dengan dinding geser (b)

## ANALISIS STRUKTUR GEDUNG TANPA SHEAR WALL

### Analisis Struktur Gedung

#### Beban Mati (*Dead Load*)

Berat sendiri elemen struktur kolom, balok dan pelat lantai akan dihitung secara otomatis sebagai *self weight* oleh *software* ETABS.

Selain berat sendiri dari elemen-elemen struktur juga ada beban mati dari elemen-elemen arsitektur, yaitu :

1. Beban dinding setinggi 4 m  
: 3,9 KN
2. Beban lantai  
: 0,68 KN
3. Berat plafond  
: 0,2 KN
4. Berat ME  
: 0,2 KN

#### Beban Hidup (*Live Load*)

Beban hidup yang digunakan dalam analisis yaitu sebesar 2,5 KN, sedangkan pada lantai *hall room* digunakan sebesar 4,9 KN dan pada lantai tribun digunakan sebesar 3,9 KN.

#### Kombinasi Pembebanan

Struktur dan komponen struktur harus direncanakan hingga semua penampang mempunyai kuat rencana minimum sama kuat dengan perlu, yang dihitung berdasarkan kombinasi beban gaya terfaktor, dalam analisis kali kombinasi yang digunakan yaitu :

1. 1,4 DL
2. 1 DL + 1 LL
3. 1,2 DL + 1,6 DL
4. 1,2 DL + 1LL + 1 SPECX + 0,3 SPECY
5. 1,2 DL + 1 LL + 1 SPECX - 0,3 SPECY
6. 1,2 DL + 1 LL - 1 SPECX + 0,3 SPECY
7. 1,2 DL + 1 LL - 1 SPECX - 0,3 SPECY
8. 1,2 DL + 1 LL + 0,3 SPECX + 1 SPECY
9. 1,2 DL + 1 LL + 0,3 SPECX - 1 SPECY
10. 1,2 DL + 1 LL - 0,3 SPECX + 1 SPECY
11. 1,2 DL + 1 LL - 0,3 SPECX - 1 SPECY

#### Faktor Keutamaan Struktur (I)

Nilai faktor keutamaan struktur untuk gedung umum adalah 1, sesuai dengan tabel faktor keutamaan I untuk berbagai kategori gedung dan bangunan (SNI-1726-2002).

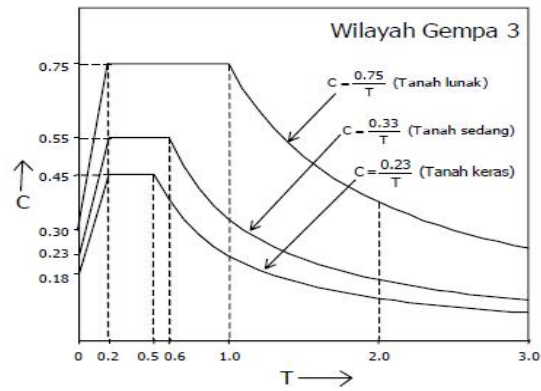
#### Faktor Reduksi Gempa

Dikarenakan struktur gedung existing masuk dalam kategori Struktur Rangka Pemikul Momem Menengah (SRPMM), maka besarnya nilai faktor reduksi gempa (R) yang digunakan adalah 5,5, sesuai dengan tabel Faktor Reduksi Gempa (SNI-1726-2002).

#### Zona Wilayah Gempa

Analisis gedung diasumsikan dengan diagram respon spektrum gempa rencana wilayah 3, hal ini berdasarkan pada peta wilayah gempa Indonesia (SNI-1726-2002). Dan gedung juga diasumsikan berada pada kondisi tanah lunak.





Gambar Grafik gempa wilayah 3



Gambar Denah Gedung Tanpa *Shear Wall*

### Karakteristik Dinamik Struktur

Guna mengetahui karakteristik dinamik struktur yang terjadi pada gedung ini secara keseluruhan, dilakukan analisis vibrasi dengan komponen gerak ditentukan sesuai dengan arah sistem sumbu koordinat

(sumbu-x, sumbu-y dan sumbu-z) yang dipilih.

Waktu getar alamai dan pola gerak masing-masing untuk 3 ragam sebagai berikut :

Tabel Ragam pola gerak

| Nomor Ragam | Waktu Getar (s) | Ux (% massa) | Uy (% massa) | Rz (% massa) |
|-------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|
| 1           | 1.363777        | 70.8277      | 7.6517       | 0.1077       |
| 2           | 1.312096        | 9.3444       | 64.7915      | 1.7183       |
| 3           | 1.214295        | 0.3617       | 2.5857       | 62.7161      |

Menurut SNI 1726-2002, waktu getar fundamental (pertama) di wilayah gempa 3 tidak boleh melampaui 0,18 kali jumlah tingkat. Berarti untuk gedung dalam analisis ini T1 tidak boleh melampaui  $0,18 \times 12 = 2,16$  detik. Melihat tabel ragam pola gerak, gedung ini memenuhi persyaratan waktu getar fundamental.

Untuk mencegah terjadinya respons struktur terhadap gempa dominan dalam rotasi, paling tidak gerak ragam fundamental pertama harus dominan translasi. Dari tabel ragam gerak terlihat bahwa gerak ragam pertama adalah dominan arah X, gerak ragam kedua adalah dominan arah Y dan baru gerak ragam ketiga adalah dominan dalam rotasi. Dengan demikian karakteristik gedung ini sudah memenuhi persyaratan.

### Kinerja Struktur Gedung

#### 1. Kinerja Batas Layan ( $\Delta_s$ )

SNI 1726 - 2002 menetapkan kinerja batas layan untuk membatasi terjadinya pelelehan

baja dan peretakan beton yang berlebihan, disamping itu untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidak nyamanan penghuni. Dari hasil analisi tanpa shear wall ini di dapat hasil simpangan antar tingkat akibat pengaruh gempa rencana dengan syarat yang telah ditentukan adalah sebagai berikut :

$$\text{Syarat : } \frac{0,03}{R} \times h_i = \frac{0,03}{5,5} \times h_i$$

Dimana :

$h_i$  : Tinggi lantai ke (i)

$R$  : Faktor reduksi gempa sesuai tabel 3 SNI 1726 - 2002

Perhitungan simpangan lantai pada lantai atap atas

Syarat :

$$\frac{0,03}{5,5} \times 2500 \text{ mm} = 13,64$$



Kinerja Struktur Layan Gedung Arah X (Drift  $\Delta_{sx}$ ) :

$$\text{Drift } \Delta_{sx} = \Delta_{sx} (\text{atap atas}) - \Delta_{sx} (\text{atap})$$

$$\text{Drift } \Delta_{sx} = 61,325 \text{ mm} - 60,051 \text{ mm}$$

$$\text{Drift } \Delta_{sx} = 1,27 \text{ mm}$$

$$\text{Drift } \Delta_{sx} < 13,64 \text{ mm} = OK$$

$$\text{Drift } \Delta_{sy} = \Delta_{sy} (\text{atap atas}) - \Delta_{sy} (\text{atap})$$

$$\text{Drift } \Delta_{sy} = 58,005 \text{ mm} - 57,055 \text{ mm}$$

$$\text{Drift } \Delta_{sy} = 0,45 \text{ mm}$$

$$\text{Drift } \Delta_{sy} < 13,64 \text{ mm} = OK$$

Perhitungan lantai selanjutnya tercantum pada tabel kinerja batas layan gedung.

Kinerja Struktur Layan Gedung Arah Y (Drift  $\Delta_{sy}$ ) :

Tabel Kinerja batas layan gedung ( $\Delta_s$ )

| Lantai        | Tinggi lantai | $\Sigma H$ | $\Delta_{sx}$ | Drift $\Delta_{sx}$ | $\Delta_{sy}$ | Drift $\Delta_{sy}$ | syarat | Keterangan |     |
|---------------|---------------|------------|---------------|---------------------|---------------|---------------------|--------|------------|-----|
|               |               |            |               |                     |               |                     |        | x          | y   |
| Atap Atas     | 2500          | 37500      | 61.325        | 1.27                | 58.005        | 0.45                | 13.64  | OKE        | OKE |
| Atap          | 3000          | 35000      | 60.051        | 1.06                | 57.555        | 2.85                | 16.36  | OKE        | OKE |
| Lantai 8      | 4000          | 32000      | 58.996        | 3.78                | 54.705        | 3.57                | 21.82  | OKE        | OKE |
| Lantai 7      | 4000          | 28000      | 55.212        | 3.54                | 51.135        | 4.80                | 21.82  | OKE        | OKE |
| Lantai 6      | 4000          | 24000      | 51.673        | 6.00                | 46.333        | 5.81                | 21.82  | OKE        | OKE |
| Lantai 5      | 4000          | 20000      | 45.67         | 10.50               | 40.525        | 9.50                | 21.82  | OKE        | OKE |
| Lantai 4      | 4000          | 16000      | 35.168        | 13.52               | 31.024        | 11.73               | 21.82  | OKE        | OKE |
| Lantai 3      | 4000          | 12000      | 21.651        | 13.37               | 19.29         | 11.71               | 21.82  | OKE        | OKE |
| Lantai 2      | 3500          | 8000       | 8.2842        | 8.25                | 7.5844        | 7.42                | 19.09  | OKE        | OKE |
| Selasar Kolam | 500           | 4500       | 0.0373        | 0.03                | 0.1596        | 0.10                | 2.73   | OKE        | OKE |
| Lantai 1      | 1000          | 4000       | 0.0081        | -0.03               | 0.0559        | -0.05               | 5.45   | OKE        | OKE |
| Lantai Kolam  | 3000          | 3000       | 0.0355        | 0.04                | 0.1009        | 0.10                | 16.36  | OKE        | OKE |
| Basement      |               | 0          | 0.00          | 0.00                | 0.00          | 0.00                |        |            |     |

Dari tabel kinerja batas layan diketahui bahwa simpangan antar tingkat yang terjadi akibat pengaruh gempa rencana terhadap gedung tanpa shear wall dikatakan memenuhi persyaratan.

Dari tabel kinerja batas layan tertera bahwa simpangan yang terjadi pada arah X lebih besar dibanding arah Y. Berikut perbandingan yang terjadi pada simpangan setelah dipasang shear wall.

$$= \delta \Delta_{sx} - \delta \Delta_{sy}$$

$$= 61,325 \text{ mm} - 58,005 \text{ mm}$$

$$= 3,32 \text{ mm}$$

$$= \frac{3,32}{61,325} \times 100 \%$$

$$= 5,4 \%$$

$\delta \Delta_{sy}$  = simpangan yang terjadi pada puncak gedung arah Y

$\delta \Delta_{sx}$  = simpangan yang terjadi pada puncak gedung arah X

Simpangan layan batas gedung arah X lebih besar 5,4% dibanding simpangan layan arah Y.

## 2. Kinerja Batas Ultimit ( $\Delta m$ )

Guna membatasi kemungkinan terjadinya korban jiwa manusia dan batas ultimit dimana kondisi struktur gedung diambang keruntuhan, maka perlu untuk diketahui apakah kinerja batas ultimit gedung memenuhi syarat yang diperlukan. Menurut SNI - 1726 - 2002, kinerja batas ultimit gedung ini ditentukan oleh simpangan-simpangan antar tingkat maksimum struktur gedung akibat pebgaruh gempa rencana. Penghitungan simpangan maksimum yang terjadi dikalikan dengan suatu faktor pengali ( $\xi$ ). Berikut adalah syarat dan kinerja batas ultimit gedung :

$$\xi = \frac{0.7 \times R}{\text{Faktor Skala}}$$

$$\xi = \frac{0.7 \times 5.5}{1} = 3.85$$

Dimana :

$\xi$  = Faktor pengali

R = Faktor reduksi gempa

$$\Delta m = \xi \times \Delta s$$

Dimana :

$\Delta m$  = Kinerja batas ultimit

$\Delta s$  = Kinerja batas layan

Syarat :  $\Delta m < 0,02 \times h_i$

$\Delta m < 0,02 \times h_i$  (atap atas)

$\Delta m < 0,02 \times 2500 \text{ mm}$

$\Delta m < 50 \text{ mm}$

Kinerja ultimit gedung arah-x :

$\Delta m_x = \xi \times \Delta s_x$  (atap atas)

$\Delta m_x = 3,85 \times 61,325 \text{ mm}$

$\Delta m_x = 236,10 \text{ mm}$

Drift  $\Delta m_x = \Delta m_x$  (atap atas) -  $\Delta m_x$  (atap)

Drift  $\Delta m_x = 236,10 \text{ mm} - 231,20 \text{ mm}$

Drift  $\Delta m_x = 4,90 \text{ mm}$

Drift  $\Delta m_x < 50 \text{ mm} = OK$

Kinerja ultimit gedung arah-y :

$\Delta m_y = \xi \times \Delta s_y$  (atap atas)

$\Delta m_y = 3,85 \times 58,005 \text{ mm}$

$\Delta m_y = 223,32 \text{ mm}$

Drift  $\Delta m_y = \Delta m_y$  (atap atas) -  $\Delta m_y$  (atap)

Drift  $\Delta m_y = 223,32 \text{ mm} - 221,59 \text{ mm}$

Drift  $\Delta m_y = 1,73 \text{ mm}$

Drift  $\Delta m_y < 50 \text{ mm} = OK$

Perhitungan untuk lantai selanjutnya tercantum pada tabel kinerja batas ultimit gedung.

Tabel Kinerja batas ultimit gedung

| Lantai        | Tinggi lantai | $\Sigma H$ | $\Delta m_x$ | Drift $\Delta m_x$ | $\Delta m_y$ | Drift $\Delta m_y$ | Syarat | Keterangan |     |
|---------------|---------------|------------|--------------|--------------------|--------------|--------------------|--------|------------|-----|
|               |               |            |              |                    |              |                    |        | x          | y   |
| Atap Atas     | 2500          | 37500      | 236.10       | 4.90               | 223.32       | 1.73               | 50.00  | OKE        | OKE |
| Atap          | 3000          | 35000      | 231.20       | 4.06               | 221.59       | 10.97              | 60.00  | OKE        | OKE |
| Lantai 8      | 4000          | 32000      | 227.13       | 14.57              | 210.61       | 13.75              | 80.00  | OKE        | OKE |
| Lantai 7      | 4000          | 28000      | 212.56       | 13.62              | 196.87       | 18.49              | 80.00  | OKE        | OKE |
| Lantai 6      | 4000          | 24000      | 198.94       | 23.11              | 178.38       | 22.36              | 80.00  | OKE        | OKE |
| Lantai 5      | 4000          | 20000      | 175.83       | 40.43              | 156.02       | 36.58              | 80.00  | OKE        | OKE |
| Lantai 4      | 4000          | 16000      | 135.40       | 52.04              | 119.44       | 45.17              | 80.00  | OKE        | OKE |
| Lantai 3      | 4000          | 12000      | 83.36        | 51.46              | 74.27        | 45.07              | 80.00  | OKE        | OKE |
| Lantai 2      | 3500          | 8000       | 31.89        | 31.75              | 29.20        | 28.59              | 70.00  | OKE        | OKE |
| Selasar Kolam | 500           | 4500       | 0.14         | 0.11               | 0.61         | 0.40               | 10.00  | OKE        | OKE |
| Lantai 1      | 1000          | 4000       | 0.03         | -0.11              | 0.22         | -0.17              | 20.00  | OKE        | OKE |
| Lantai Kolam  | 3000          | 3000       | 0.14         | 0.14               | 0.39         | 0.39               | 60.00  | OKE        | OKE |
| Basement      | 0             | 0          | 0.00         | 0.00               | 0.00         |                    |        |            |     |

Dari tabel kinerja batas ultimit, dinyatakan gedung dinyatakan memenuhi persyaratan simpangan ultimit.

Dari tabel kinerja batas ultimit gedung, tertera bahwa sebelum gedung dipasang *sear wall*, simpangan ultimit yang terjadi pada arah X lebih besar dibanding arah Y. Berikut perbandingan simpangan ultimit arah X dan Y sebelum dipasang *shear wall* :

$$\begin{aligned}
 &= \delta \Delta m_x - \delta \Delta m_y \\
 &= 236,10 \text{ mm} - 223,32 \text{ mm} \\
 &= 12,78 \text{ mm} \\
 &= \frac{12,78}{236,1} \times 100 \% \\
 &= 5,4 \%
 \end{aligned}$$

$\delta \Delta m_y$  = simpangan yang terjadi pada puncak gedung arah Y

$\delta \Delta m_x$  = simpangan yang terjadi pada puncak gedung arah X

Simpangan ultimit arah X 5,4% lebih besar dibanding simpangan ultimit arah Y.

#### Perbandingan Kinerja Batas Layan dengan Batas Ultimit Perbandingan Arah X

Kiinerja batas layan arah yang ditentukan oleh simpangan antar tingkat akibat pengaruh beban gempa rencana, dan kinerja batas ultimit yang terjadi akibat simpangan yang terjadi. Dimana simpangan mempengaruhi dari kinerja batas ultimit untuk kondisi struktur gedung diambang keruntuhan. Berikut adalah perbandingan kinerja batas layan dengan kinerja batas ultimit aray X :

$$\begin{aligned}
 &= \delta \Delta m_x - \delta \Delta s_x \\
 &= 236,10 \text{ mm} - 61,32 \text{ mm} \\
 &= 174.78 \text{ mm} \\
 &= \frac{174,78}{236,10} \times 100 \% \\
 &= 74,32 \%
 \end{aligned}$$

Simpangan ultimit arah X lebih besar 74,32% dibanding simpangan layan arah X.

## Perbandingan Arah Y

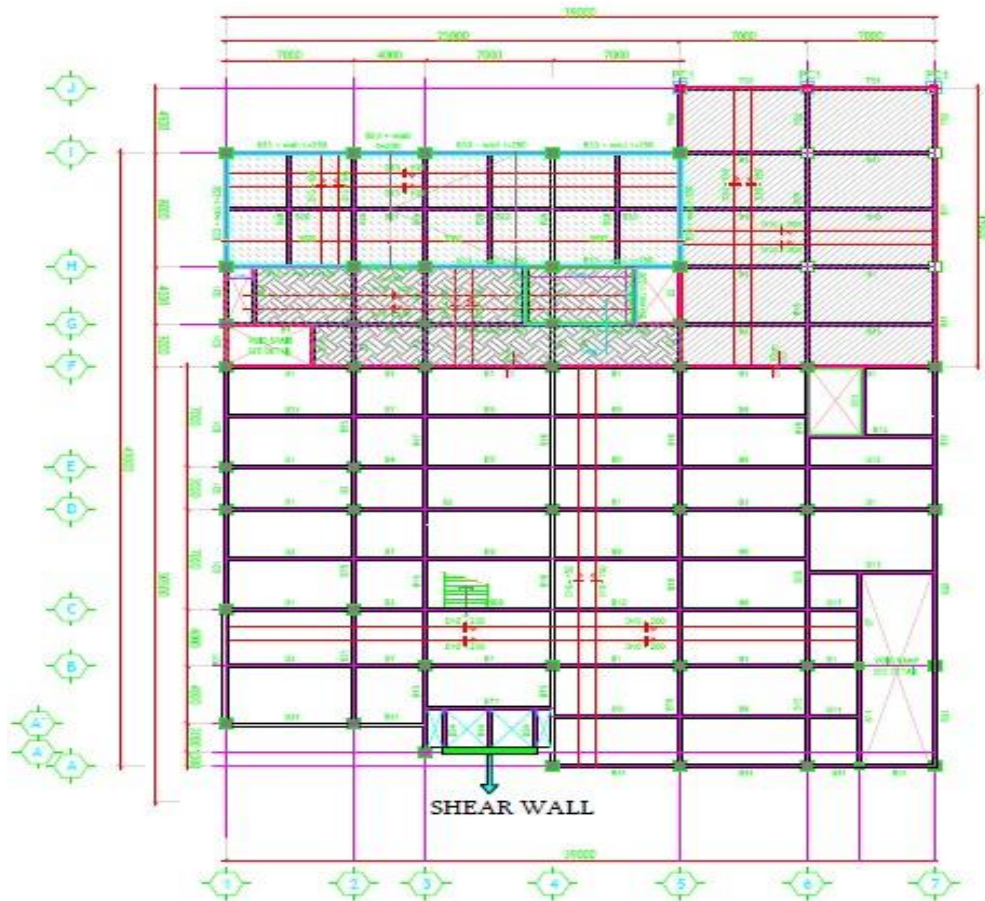
Berikut adalah perbandingan kinerja batas layan dengan kinerja batas ultimit arah Y :

$$\begin{aligned}
 &= \delta\Delta_{my} - \delta\Delta_{sy} \\
 &= 223,32 \text{ mm} - 58,01 \text{ mm} \\
 &= 165,31 \text{ mm} \\
 &= \frac{165,31}{223,32} \times 100 \% \\
 &= 74,02\%
 \end{aligned}$$

Simpangan ultimit arah Y lebih besar 74,02% dibanding simpangan layan arah Y.

## ANALISIS GEDUNG DENGAN *SHEARWAL*

Analisis gedung dengan menggunakan shear wall, memiliki data yang hampir sama pada analisis gedung sebelumnya (tanpa menggunakan *shear wall*). Namun dalam analisis gedung menggunakan *shear wall* ini ada beberapa pembeda dengan analisis gedung tanpa menggunakan *shear wall*, yaitu terletak pada faktor reduksi gempa, penambahan struktur shear wall dan juga perubahan dimensi pada sebagian kolom yang ada.



Gambar Denah gedung dengan perencanaan *Shear Wall*

### Faktor Reduksi Gempa

Dikarenakan struktur gedung ini masuk dalam kategori sistem ganda, yaitu yang menggunakan *shear wall*. Untuk dinding geser beton bertulang dengan SRPMM beton bertulang, sesuai dengan tabel Faktor Reduksi Gempa (SNI-1726-2002). maka besarnya nilai faktor reduksi gempa (R) yang digunakan adalah 6,5.

### Shear Wall

*Shear wall* diasumsikan sebagai dinding jepit vertikal, dimensi *shear wall* ditentukan sebagai berikut :

Tinggi total (hw) = 31,2 m  
 Panjang total = 4,55 m  
 Tebal dinding = 0,25 m

Sesuai dengan peraturan SNI 1726 – 2002 (pasal 7.1.1), untuk struktur gedung tidak beraturan pengaruh gempa rencana harus ditentukan melalui analisis respons dinamik 3 dimensi. Untuk mencegah terjadinya

respons struktur gedung terhadap pembebanan gempa yang dominan dalam rotasi, paling tidak gerak ragam pertama harus dominan arah translasi. Mengingat syarat pada SNI 1726 – 2002 yang mengharuskan ragam pertama harus dominan arah translasi, dari beberapa percobaan, maka *shear wall* dipasang mulai dari lantai basement sampai dengan lantai 8.

### Hasil Analisis Gedung

#### Karakteristik Dinamik Struktur

Guna mengetahui karakteristik dinamik struktur yang terjadi pada gedung ini secara keseluruhan, dilakukan analisis vibrasi dengan komponen gerak ditentukan sesuai dengan arah sistem sumbu koordinat (sumbu-x, sumbu-y dan sumbu-z) yang dipilih.

Waktu getar alamai dan pola gerak masing-masing untuk 3 ragam sebagai berikut :

Tabel Ragam pola gerak

| Nomor Ragam | Waktu Getar (s) | Ux (% massa) | Uy (% massa) | Rz (% massa) |
|-------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|
| 1           | 1.355925        | 0.4556       | 74.3315      | 0.0001       |
| 2           | 1.318713        | 42.4179      | 0.7281       | 19.993       |
| 3           | 0.9867          | 34.7824      | 0.0078       | 42.664       |

Menurut SNI 1726-2002, waktu getar fundamental (pertama) di wilayah gempa 3 tidak boleh melampaui 0,18 kali jumlah tingkat. Berarti untuk gedung dalam analisis ini T1 tidak boleh melampaui  $0,18 \times 12 = 2,16$

detik. Melihat tabel ragam pola gerak, gedung ini memenuhi persyaratan waktu getar fundamental.

Dari tabel ragam gerak terlihat bahwa gerak ragam pertama adalah dominan arah Y, gerak

ragam kedua adalah dominan arah X dan baru gerak ragam ketiga adalah dominan dalam rotasi. Dengan demikian karakteristik gedung ini sudah memenuhi persyaratan.

### Kinerja Struktur Gedung

#### 1. Kinerja Batas Layan ( $\Delta s$ )

SNI 1726 - 2002 menetapkan kinerja batas layan untuk membatasi terjadinya pelelehan baja dan peretakan beton yang berlebihan, disamping itu untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidak nyamanan penghuni.

Dari hasil analisis gedung dengan *shear wall* ini di dapat hasil simpangan antar tingkat akibat pengaruh gempa rencana dengan syarat yang telah ditentukan adalah sebagai berikut :

$$\text{Syarat : } \frac{0,03}{R} \times h_i = \frac{0,03}{6,5} \times h_i$$

Dimana :

$h_i$  : Tinggi lantai ke (i)

$R$  : Faktor reduksi gempa sesuai tabel 3 SNI 1726-2002

Perhitungan drift lantai atap atas

$$\frac{0,03}{6,5} \times 2500 \text{ mm} = 13.64$$

Perhitungan drift lantai atap arah X :

$$\text{Drift } \Delta s_x = \Delta s_x (\text{atap atas}) - \Delta s_x (\text{atap})$$

$$\text{Drift } \Delta s_x = 35,86 \text{ mm} - 34,70 \text{ mm}$$

$$\text{Drift } \Delta s_x = 1,16 \text{ mm}$$

$$\text{Drift } \Delta s_x < 13,64 \text{ mm} = \text{OK}$$

Perhitungan drift lantai atap arah Y :

$$\text{Drift } \Delta s_y = \Delta s_y (\text{atap atas}) - \Delta s_y (\text{atap})$$

$$\text{Drift } \Delta s_y = 52 \text{ mm} - 49.43 \text{ mm}$$

$$\text{Drift } \Delta s_y = 2,57 \text{ mm}$$

$$\text{Drift } \Delta s_y < 13,64 \text{ mm} = \text{OK}$$

Perhitungan untuk lantai selanjutnya tercantum pada tabel kinerja layan gedung.

Tabel Kinerja batas layan gedung

| Lantai        | Tinggi lantai | $\Sigma H$ | $\Delta s_x$ | Drift $\Delta s_x$ | $\Delta s_y$ | Drift $\Delta s_y$ | Syarat | Keterangan |     |
|---------------|---------------|------------|--------------|--------------------|--------------|--------------------|--------|------------|-----|
|               |               |            |              |                    |              |                    |        | x          | y   |
| Atap Atas     | 2500          | 37500      | 35.86        | 1.16               | 52.00        | 2.57               | 13.64  | OKE        | OKE |
| Atap          | 3000          | 35000      | 34.70        | -0.11              | 49.43        | 2.70               | 16.36  | OKE        | OKE |
| Lantai 8      | 4000          | 32000      | 34.82        | 2.42               | 46.73        | 2.73               | 21.82  | OKE        | OKE |
| Lantai 7      | 4000          | 28000      | 32.40        | 4.13               | 44.01        | 3.56               | 21.82  | OKE        | OKE |
| Lantai 6      | 4000          | 24000      | 28.27        | 4.31               | 40.45        | 5.11               | 21.82  | OKE        | OKE |
| Lantai 5      | 4000          | 20000      | 23.96        | 5.85               | 35.34        | 8.67               | 21.82  | OKE        | OKE |
| Lantai 4      | 4000          | 16000      | 18.11        | 7.23               | 26.67        | 9.91               | 21.82  | OKE        | OKE |
| Lantai 3      | 4000          | 12000      | 10.88        | 6.76               | 16.76        | 10.09              | 21.82  | OKE        | OKE |
| Lantai 2      | 3500          | 8000       | 4.12         | 4.08               | 6.67         | 6.54               | 19.09  | OKE        | OKE |
| Selasar Kolam | 500           | 4500       | 0.04         | 0.04               | 0.14         | 0.09               | 2.73   | OKE        | OKE |
| Lantai 1      | 1000          | 4000       | 0.01         | -0.02              | 0.04         | -0.04              | 5.45   | OKE        | OKE |



|              |      |      |      |      |      |      |       |     |     |
|--------------|------|------|------|------|------|------|-------|-----|-----|
| Lantai Kolam | 3000 | 3000 | 0.03 | 0.03 | 0.09 | 0.09 | 16.36 | OKE | OKE |
| Basement     | 0    | 0    | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |       |     |     |

Simpangan arah X yang terjadi pada tiap lantai gedung sebelum dan setelah adanya penambahan *shear wall*, terdapat reduksi. Namun pada lantai 7 terjadi penambahan jumlah simpangan yang terjadi setelah gedung menggunakan *shear wall*, hal ini diakibatkan oleh karena pada lantai 7 terdapat void dengan ukuran 21 m x 18m.

Simpangan antar lantai yang ditinjau akibat gempa arah -Y, terjadi reduksi simpangan antar lantai. Namun pada lantai atap atas terjadi penambahan simpangan, hal ini dikarenakan struktur *shear wall* yang dipasang tidak mencapai lantai tersebut yang mengakibatkan lantai tersebut tidak mempunyai kekakuan yang sama seperti lantai yang dipasangan *shear wall*.

Dari tabel kinerja batas layan gedung, tertera bahwa setelah gedung dipasang *sear wall*, simpangan yang terjadi pada arah X lebih Simpangan layan batas gedung arah Y lebih besar 31,03% dibanding simpangan layan arah X. Dari tabel kinerja batas layan gedung, diketahui bahwa simpangan yang dialami gedung setelah dipasang *shear wall* memenuhi persyaratan.

## 2. Kinerja Batas Ultimit ( $\Delta_m$ )

Guna membatasi kemungkinan terjadinya korban jiwa manusia dan batas ultimit dimana kondisi struktur gedung diambang keruntuhan, maka perlu untuk diketahui apakah kinerja batas ultimit gedung memnuhi syarat yang diperlukan. Menurut SNI - 1726 - 2002, kinerja batas ultimit gedung ini ditentukan oleh simpangan-simpangan antar tingkat maksimum struktur gedung akibat pebgaruh gempa rencana.

kecil dibanding arah Y. Berikut perbandingan yang terjadi pada simpangan layan arah X dan Y setelah dipasang *shear wall*.

$$= \delta \Delta_{sy} - \delta \Delta_{sx}$$

$$= 52 \text{ mm} - 35,86 \text{ mm}$$

$$= 16,14 \text{ mm}$$

$$= \frac{16,14}{52} \times 100 \%$$

$$= 31.03 \%$$

$\delta \Delta_{sy}$  = simpangan yang terjadi pada puncak gedung arah

$\delta \Delta_{sx}$  = simpangan yang terjadi pada puncak gedung arah X

Penghitungan simpangan maksimum yang terjadi dikalikan dengan suatu faktor pengali ( $\xi$ ). Berikut adalah syarat dan kinerja batas ultimit gedung :

$$\xi = \frac{0.7 \times R}{\text{Faktor Skala}}$$

$$\xi = \frac{0.7 \times 6.5}{1} = 4.55$$

Dimana :

$\xi$  = Faktor pengali

R = Faktor reduksi gempa

$$\Delta_m = \xi \times \Delta_s$$

Dimana :

$\Delta m$  = Kinerja batas ultimit

$\Delta s$  = Kinerja batas layan

Cek kinerja batas ultimit gedung lantai atap atas.

Syarat:  $\Delta m < 0,02 \times h_i$

$\Delta m < 0,02 \times h_i$  (atap atas)

$\Delta m < 0,02 \times 2500 \text{ mm}$

$\Delta m < 50 \text{ mm}$

Kinerja ultimit gedung arah-x :

$\Delta m_x = \xi \times \Delta s_x$  (atap atas)

$\Delta m_x = 4,55 \times 35,86 \text{ mm}$

$\Delta m_x = 163,17 \text{ mm}$

Drift  $\Delta m_x = \Delta m_x$  (atap atas) –  $\Delta m_x$  (atap)

Drift  $\Delta m_x = 163,17 \text{ mm} - 157,9 \text{ mm}$

Drift  $\Delta m_x = 5,26 \text{ mm}$

Drift  $\Delta m_x < 50 \text{ mm} = OK$

Kinerja ultimit gedung arah-y :

$\Delta m_y = \xi \times \Delta s_y$  (atap atas)

$\Delta m_y = 4,55 \times 52 \text{ mm}$

$\Delta m_y = 236,58 \text{ mm}$

Drift  $\Delta m_y = \Delta m_y$  (atap atas) –  $\Delta m_y$  (atap)

Drift  $\Delta m_y = 236,58 \text{ mm} - 224,9 \text{ mm}$

Drift  $\Delta m_y = 11,68 \text{ mm}$

Drift  $\Delta m_y < 50 \text{ mm} = OK$

Perhitungan lantai selanjutnya tercantum pada tabel kinerja batas ultimit gedung.

Tabel Kinerja batas ultimit gedung

| Lantai        | Tinggi lantai | $\Sigma H$ | $\Delta m_x$ | Drift $\Delta m_x$ | $\Delta m_y$ | Drift $\Delta m_y$ | Syarat | Keterangan |     |
|---------------|---------------|------------|--------------|--------------------|--------------|--------------------|--------|------------|-----|
|               |               |            |              |                    |              |                    |        | x          | y   |
| Atap Atas     | 2500          | 37500      | 163.17       | 5.26               | 236.58       | 11.68              | 50.00  | OKE        | OKE |
| Atap          | 3000          | 35000      | 157.91       | -0.51              | 224.90       | 12.26              | 60.00  | OKE        | OKE |
| Lantai 8      | 4000          | 32000      | 158.42       | 10.99              | 212.64       | 12.41              | 80.00  | OKE        | OKE |
| Lantai 7      | 4000          | 28000      | 147.42       | 18.78              | 200.23       | 16.19              | 80.00  | OKE        | OKE |
| Lantai 6      | 4000          | 24000      | 128.64       | 19.61              | 184.04       | 23.23              | 80.00  | OKE        | OKE |
| Lantai 5      | 4000          | 20000      | 109.03       | 26.63              | 160.81       | 39.45              | 80.00  | OKE        | OKE |
| Lantai 4      | 4000          | 16000      | 82.41        | 32.89              | 121.35       | 45.09              | 80.00  | OKE        | OKE |
| Lantai 3      | 4000          | 12000      | 49.51        | 30.76              | 76.27        | 45.90              | 80.00  | OKE        | OKE |
| Lantai 2      | 3500          | 8000       | 18.75        | 18.55              | 30.37        | 29.74              | 70.00  | OKE        | OKE |
| Selasar Kolam | 500           | 4500       | 0.20         | 0.17               | 0.62         | 0.42               | 10.00  | OKE        | OKE |
| Lantai 1      | 1000          | 4000       | 0.03         | -0.11              | 0.20         | -0.19              | 20.00  | OKE        | OKE |
| Lantai Kolam  | 3000          | 3000       | 0.14         | 0.14               | 0.40         | 0.40               | 60.00  | OKE        | OKE |
| Basement      | 0             | 0          | 0.00         | 0.00               | 0.00         | 0.00               |        |            |     |

Dari tabel kinerja batas ultimit gedung, tertera bahwa setelah gedung dipasang *sear wall*, simpangan ultimit yang terjadi pada arah X lebih kecil dibanding arah Y. Berikut perbandingan yang terjadi pada simpangan ultimit arah X dan Y setelah dipasang *shear wall*.

$$\begin{aligned}
 &= \delta\Delta_{my} - \delta\Delta_{mx} \\
 &= 236,58 \text{ mm} - 163,17 \text{ mm} \\
 &= 73,42 \text{ mm} \\
 &= \frac{73,42}{236,58} \times 100 \% \\
 &= 31,03 \%
 \end{aligned}$$

$\delta\Delta_{my}$  = simpangan yang terjadi pada puncak gedung arah Y  
 $\delta\Delta_{mx}$  = simpangan yang terjadi pada puncak gedung arah X

Simpangan ultimit arah Y 31,03% lebih besar dibanding simpangan ultimit arah X.

## 2. Perbandingan Kinerja Batas Layan dengan Batas Ultimit

Perbandingan Arah X

Kinerja batas layan arah yang ditentukan oleh simpangan antar tingkat akibat pengaruh beban gempa rencana, dan kinerja batas ultimit yang terjadi akibat simpangan yang terjadi. Dimana simpangan mempengaruhi dari kinerja batas ultimit untuk kondisi struktur gedung diambang keruntuhan. Berikut adalah perbandingan

kinerja batas layan dengan kinerja batas ultimit arah X :

$$\begin{aligned}
 &= \delta\Delta_{mx} - \delta\Delta_{sx} \\
 &= 163,17 \text{ mm} - 35,86 \text{ mm} \\
 &= 127,31 \text{ mm} \\
 &= \frac{127,31}{236,58} \times 100 \% \\
 &= 53,723 \%
 \end{aligned}$$

Simpangan ultimit arah X lebih besar 53,723% dibanding simpangan layan arah X. perbandingan Arah Y

Berikut adalah perbandingan kinerja batas layan dengan kinerja batas ultimit arah Y :

$$\begin{aligned}
 &= \delta\Delta_{my} - \delta\Delta_{sy} \\
 &= 236,58 \text{ mm} - 52 \text{ mm} \\
 &= 148,58 \text{ mm} \\
 &= \frac{148,58}{236,58} \times 100 \% \\
 &= 62,8\%
 \end{aligned}$$

Simpangan ultimit arah Y lebih besar 62,8% dibanding simpangan layan arah Y.

## PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR GEDUNG SEBELUM DAN SETELAH ADNYA STRUKTUR SHEAR WALL

### Perbandingan Kinerja Batas Layan ( $\Delta S$ )

#### Kinerja Batas Layan Arah – X

Tabel Perbandingan simpangan layan arah X

| Lantai | Tanpa Shear Wall (mm) | Dengan Shear Wall (mm) | Selisih (mm) |
|--------|-----------------------|------------------------|--------------|
|        |                       |                        |              |

|               |       |       |       |
|---------------|-------|-------|-------|
| Atap Atas     | 61.32 | 35.86 | 25.46 |
| Atap          | 60.05 | 34.70 | 25.35 |
| Lantai 8      | 59.00 | 34.82 | 24.18 |
| Lantai 7      | 55.21 | 32.40 | 22.81 |
| Lantai 6      | 51.67 | 28.27 | 23.40 |
| Lantai 5      | 45.67 | 23.96 | 21.71 |
| Lantai 4      | 35.17 | 18.11 | 17.06 |
| Lantai 3      | 21.65 | 10.88 | 10.77 |
| Lantai 2      | 8.28  | 4.12  | 4.16  |
| Selasar Kolam | 0.04  | 0.04  | 0.00  |
| Lantai 1      | 0.01  | 0.01  | 0.00  |
| Lantai Kolam  | 0.04  | 0.03  | 0.01  |
| Basement      | 0.00  | 0.00  | 0.00  |

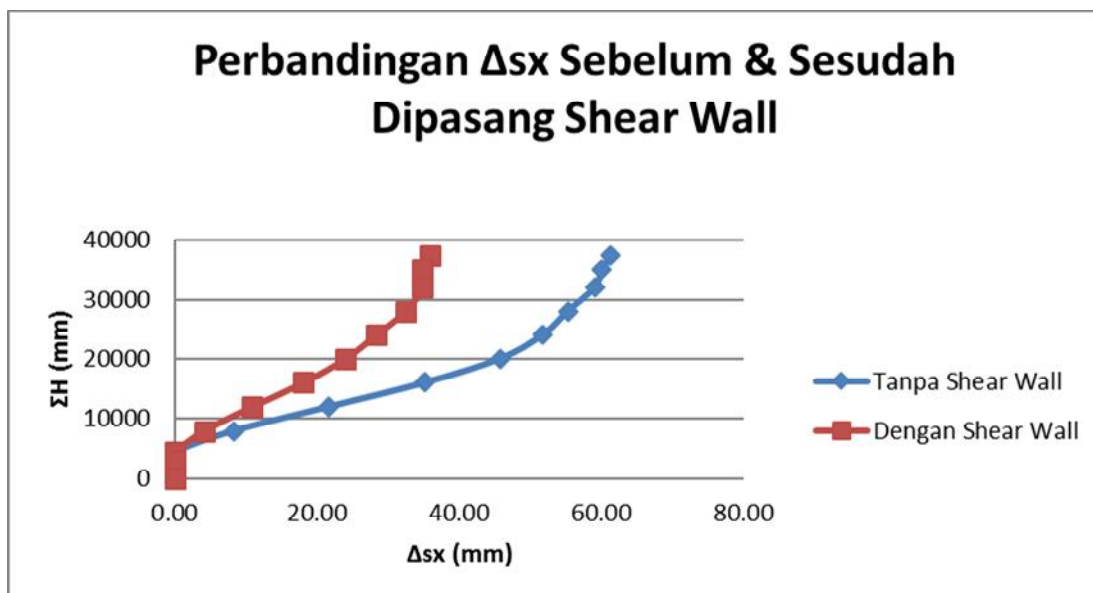
gedung. Berikut reduksi simpangan gedung yang terjadi akibat adanya pemasangan *shear wall* :

$$\begin{aligned}
 &= \delta\Delta_{sx1} - \delta\Delta_{sx2} \\
 &= 61,32 \text{ mm} - 35,86 \text{ mm} \\
 &= 25,46 \text{ mm} \\
 &= \frac{25,46}{61,32} \times 100 \% \\
 &= 41,52 \%
 \end{aligned}$$

$\delta\Delta_{sx1}$  = simpangan yang terjadi pada puncak gedung tanpa shear wall

$\delta\Delta_{sx2}$  = simpangan yang terjadi pada puncak gedung dengan shear wall

Dari tabel perbandingan kinerja batas layan arah X terdapat reduksi simpangan layan



Gambar Grafik perbandingan simpangan layan arah X

Simpangan layan akibat gempa arah X setelah dipasang *shear wall* berkurang sebesar 41,52%.

#### Kinerja Batas Layan Arah - Y

Tabel Perbandingan simpangan layan arah Y

| Lantai        | Tanpa Shear Wall (mm) | Dengan Shear Wall (mm) | Selisih (mm) |
|---------------|-----------------------|------------------------|--------------|
| Atap Atas     | 58.01                 | 52.00                  | 6.01         |
| Atap          | 57.56                 | 49.43                  | 8.13         |
| Lantai 8      | 54.71                 | 46.73                  | 7.97         |
| Lantai 7      | 51.13                 | 44.01                  | 7.13         |
| Lantai 6      | 46.33                 | 40.45                  | 5.88         |
| Lantai 5      | 40.53                 | 35.34                  | 5.18         |
| Lantai 4      | 31.02                 | 26.67                  | 4.35         |
| Lantai 3      | 19.29                 | 16.76                  | 2.53         |
| Lantai 2      | 7.58                  | 6.67                   | 0.91         |
| Selasar Kolam | 0.16                  | 0.14                   | 0.02         |
| Lantai 1      | 0.06                  | 0.04                   | 0.01         |
| Lantai Kolam  | 0.10                  | 0.09                   | 0.01         |
| Basement      | 0.00                  | 0.00                   | 0.00         |

Dari tabel perbandingan kinerja batas layan arah Y terdapat reduksi simpangan gedung. Berikut reduksi simpangan gedung yang terjadi akibat adanya pemasangan *shear wall*:

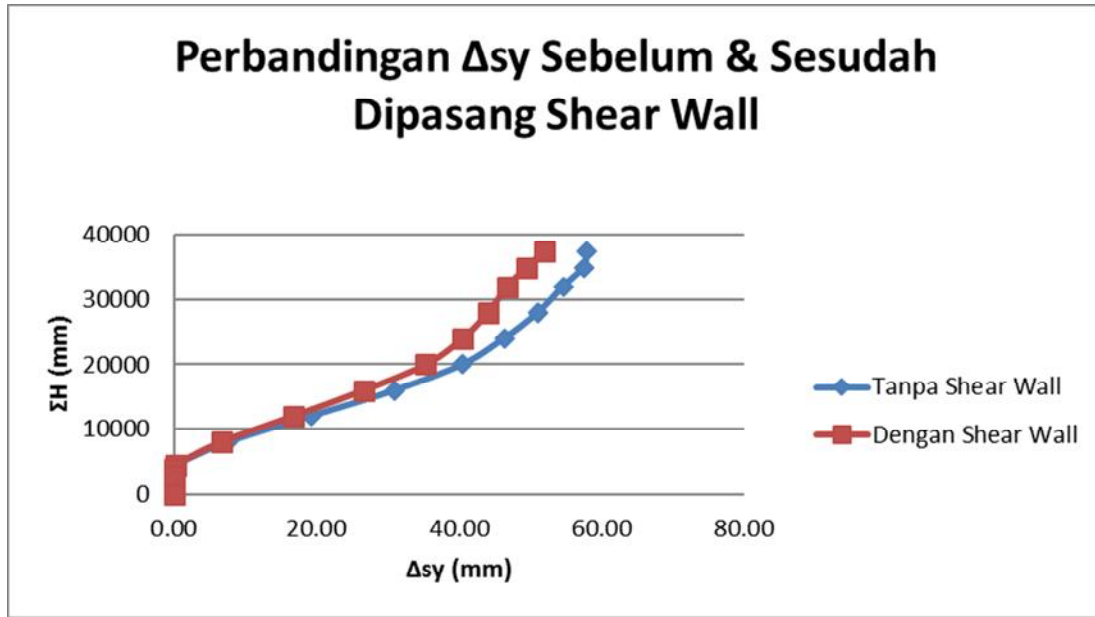
$$\begin{aligned}
 &= \delta\Delta_{sy1} - \delta\Delta_{sy2} \\
 &= 58,01 \text{ mm} - 52,00 \text{ mm} \\
 &= 6,01 \text{ mm} \\
 &= \frac{6,01}{58,01} \times 100 \% \\
 &= 10,36 \%
 \end{aligned}$$

$\delta\Delta_{sy1}$  = simpangan yang terjadi pada puncak gedung tanpa *shear wall*

$\delta\Delta_{sy2}$  = simpangan yang terjadi pada puncak

gedung dengan *shear wall*

Simpangan layan akibat gempa arah Y setelah dipasang *shear wall* berkurang sebesar 10,36%.



Gambar Grafik perbandingan simpangan layan arah Y

### Perbandingan Kinerja Batas Ultimit ( $\Delta m_x$ )

#### Kinerja Batas Ultimit Arah X

Tabel Perbandingan simpangan ultimit arah X

| Lantai        | Tanpa Shear Wall (mm) | Dengan Shear Wall (mm) | Selisih (mm) |
|---------------|-----------------------|------------------------|--------------|
| Atap Atas     | 236.10                | 163.17                 | 72.93        |
| Atap          | 231.20                | 157.91                 | 73.29        |
| Lantai 8      | 227.13                | 158.42                 | 68.72        |
| Lantai 7      | 212.56                | 147.42                 | 65.14        |
| Lantai 6      | 198.94                | 128.64                 | 70.30        |
| Lantai 5      | 175.83                | 109.03                 | 66.80        |
| Lantai 4      | 135.40                | 82.41                  | 52.99        |
| Lantai 3      | 83.36                 | 49.51                  | 33.84        |
| Lantai 2      | 31.89                 | 18.75                  | 13.14        |
| Selasar Kolam | 0.14                  | 0.20                   | -0.06        |
| Lantai 1      | 0.03                  | 0.03                   | 0.00         |
| Lantai Kolam  | 0.14                  | 0.14                   | 0.00         |
| Basement      | 0.00                  | 0.00                   | 0.00         |

Dari tabel perbandingan kinerja batas ultimit arah X terdapat reduksi simpangan gedung. Berikut reduksi simpangan gedung yang terjadi akibat adanya pemasangan *shear wall*:

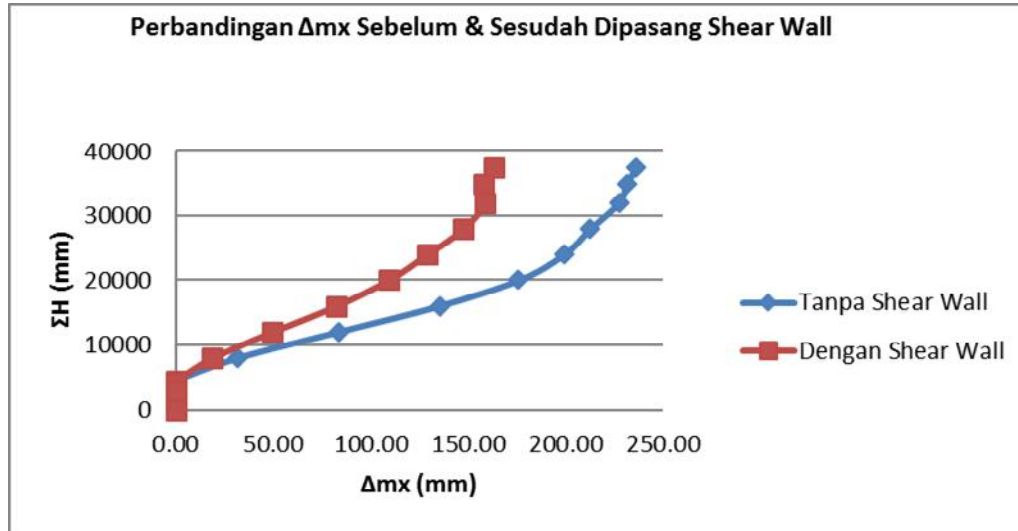
$$\begin{aligned}
 &= \delta \Delta m_{x1} - \delta \Delta m_{x2} \\
 &= 236,10 \text{ mm} - 163,17 \text{ mm} \\
 &= 72,93 \text{ mm} \\
 &= \frac{72,93}{236,10} \times 100 \% \\
 &= 30,89 \%
 \end{aligned}$$

$\delta \Delta m_{x1}$  = simpangan yang terjadi pada puncak gedung tanpa shear wall

$\delta \Delta m_{x2}$  = simpangan yang terjadi pada puncak gedung dengan shear wall



Simpangan ultimit akibat gempa arah X setelah gedung dipasang *shear wall* berkurang sebesar 30,89 %.



Gambar Grafik perbandingan simpangan layan arah X

### Kinerja Batas Ultimit Arah Y

Tabel Perbandingan simpangan ultimit arah Y

| Lantai        | Tanpa Shear Wall (mm) | Dengan Shear Wall (mm) | Selisih (mm) |
|---------------|-----------------------|------------------------|--------------|
| Atap Atas     | 223.32                | 236.58                 | -13.26       |
| Atap          | 221.59                | 224.90                 | -3.32        |
| Lantai 8      | 210.61                | 212.64                 | -2.03        |
| Lantai 7      | 196.87                | 200.23                 | -3.36        |
| Lantai 6      | 178.38                | 184.04                 | -5.66        |
| Lantai 5      | 156.02                | 160.81                 | -4.78        |
| Lantai 4      | 119.44                | 121.35                 | -1.91        |
| Lantai 3      | 74.27                 | 76.27                  | -2.00        |
| Lantai 2      | 29.20                 | 30.37                  | -1.17        |
| Selasar Kolam | 0.61                  | 0.62                   | -0.01        |
| Lantai 1      | 0.22                  | 0.20                   | 0.01         |
| Lantai Kolam  | 0.39                  | 0.40                   | -0.01        |
| Basement      | 0.00                  | 0.00                   | 0.00         |

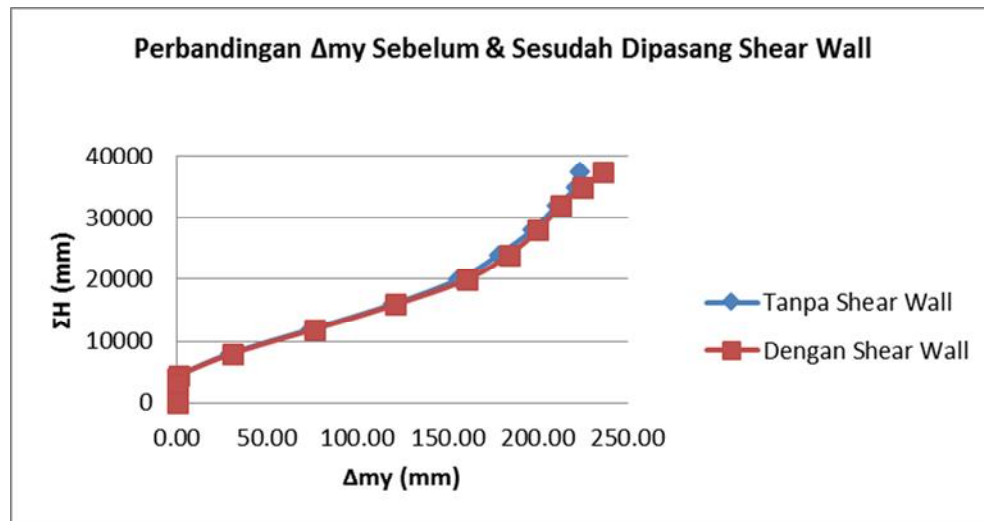
Dari tabel perbandingan kinerja batas ultimit arah Y terdapat penambahan simpangan gedung setelah dipasang *shear wall*. Berikut penambahan simpangan ultimit gedung yang terjadi akibat adanya pemasangan *shear wall* :

$$\begin{aligned}
 &= \delta\Delta_{my2} - \delta\Delta_{my1} \\
 &= 236,58 \text{ mm} - 223,32 \text{ mm} \\
 &= 13,26 \text{ mm} \\
 &= \frac{13,26}{223,32} \times 100 \% \\
 &= 5,94 \%
 \end{aligned}$$

$\delta\Delta_{my1}$  = simpangan yang terjadi pada puncak gedung tanpa *shear wall*

puncak gedung dengan shear wall

$\delta\Delta my2$  = simpangan yang terjadi pada



Gambar Grafik perbandingan simpangan ultimit arah Y

Simpangan ultimit akibat gempa arah Y setelah gedung *dipasang shear wall* bertambah sebesar 5,94 %. Simpangan ultimit arah Y bertambah dikarenakan shear wall lebih dominan menahan gempa arah X.

b) Simpangan ultimit arah Y bertambah 5,94%.

Dikarenakan *shear wall* lebih dominan menahan gempa arah X, sehingga simpangan ultimit arah Y bertambah menjadi 5,94%.

## KESIMPULAN

### Kinerja Struktur Gedung

Setelah gedung ditambah dengan *shear wall* terjadi perubahan simpangan, baik simpangan layan ataupun simpangan ultimit.

Simpangan layan gedung :

- Akibat gempa arah X berkurang 41,52%.
- Akibat gempa arah Y berkurang 10,36%.

Simpangan ultimit gedung :

- Simpangan ultimit arah X berkurang sebesar 30,89%.

## DAFTAR PUSTAKA

Rahmat Purnowo. *Perencanaan Struktur*

*Beton Bertulang Tahan Gempa edisi keempat.*

ITSPRESS.

Iswandi Imran & Fajar Hendrik. *Perencanaan*

*Struktur Gedung Beton Bertulang Tahan*

*Gempa.* Penertbit ITB.

Amrinsyah Nasution. *Analisis Dan Desain*

*Struktur Beton Bertulang.* Penerbit ITB.

Widodo Pawirodikromo. *Seismologi Teknik & Rekayasa Kegempaan*. Penerbit Pustaka Pelajar.

Bambang Budiono & Lucky Supriatna. *Studi Kompirasi Desain Bangunan Tahan Gempa Dengan Menggunakan SNI 03-1726-2002 dan RSNI 03-1726-201x*. Penerbit ITB.

SNI 03-2847-2002. *Tata Cara Perhitungan Beton Untuk Bangunan Gedung*.

SNI 1726-2002. *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung*.

Wiratman Wangsadinata, Irawan Wibawa & Budi Satriyo. *Perencanaan Ketahanan Gempa Struktur Gedung Sudirman Place Jakarta*. PT Wiratman & Associates.